

# PRODUKTIVITAS ALAT BERAT PADA PEKERJAAN GALIAN GEDUNG P1 P2 UK PETRA

Kelvin Rudy Sutanto<sup>1</sup>, Michael Halmar Kosasi<sup>2</sup>, Andi<sup>3</sup>

**ABSTRAK :** Pemilihan alat berat mempengaruhi efisiensi dan profitabilitas pada pekerjaan konstruksi. Tingkat efektivitas alat berat dinilai berdasarkan produktivitas alat. Produktivitas merupakan hasil bagi dari *output* terhadap *input*. Metode penelitian yaitu dengan menghitung volume aktual ( $V_A$ ) yang tercapai per hari, mencatat volume *bucket*, waktu siklus (Cm), waktu kerja dan waktu efektif *backhoe* menggali setiap hari. Dua pendekatan dilakukan untuk perhitungan produktivitas menggunakan waktu siklus untuk satu kali siklus *backhoe* dan waktu kerja harian yang dibagi menjadi waktu kerja selama 8 jam serta waktu efektif tanpa *idle*. Hasil pengolahan data waktu siklus diperoleh produktivitas ideal ( $P_I$ ) menggunakan waktu siklus *baseline* sebesar  $140.05 \text{ m}^3/\text{jam}$ , produktivitas teoritis ( $P_T$ ) menggunakan waktu siklus teoritis sebesar  $67.185 \text{ m}^3/\text{jam}$ , produktivitas aktual mean ( $P_A$ ) menggunakan waktu siklus rata-rata sebesar  $110.83 \text{ m}^3/\text{jam}$ . Sedangkan hasil pengolahan data dari waktu kerja adalah produktivitas aktual kinerja ( $P_{AK}$ ) yang dibagi dengan waktu kerja 8 jam sebesar  $28.91 \text{ m}^3/\text{jam}$ , produktivitas aktual efektif ( $P_{\text{efektif}}$ ) dengan waktu efektif tanpa *idle* sebesar  $47.35 \text{ m}^3/\text{jam}$ . Pada akhirnya, dengan menggunakan  $P_{AK}$  disimpulkan bahwa produktivitas *backhoe* pada proyek gedung P1 P2 UK Petra adalah  $28.91 \text{ m}^3/\text{jam}/\text{alat}$ . Selisih nilai produktivitas tersebut dipengaruhi oleh *double handling* dan waktu tidak efektif *backhoe* akibat *idle*, *maintenance*, menunggu *dump truck*, merapikan tanah, dan *moving*.

**KATA KUNCI :** produktivitas, galian, *backhoe*,

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan dunia konstruksi mengakibatkan semakin tingginya tingkat kebutuhan alat berat pada setiap proyek konstruksi. Alat berat merupakan sumber daya vital pada proyek konstruksi. (Peurifoy, 2006) Namun, biaya yang dibutuhkan untuk pengadaan alat berat tidak murah. Oleh sebab itu, pemilihan alat berat memberikan pengaruh yang besar terhadap efisiensi dan profitabilitas pada pekerjaan konstruksi. (Nunnally, 2007) Untuk mengetahui tingkat efisiensi dan efektivitas sebuah alat berat diperlukan besaran yang dinyatakan dengan produktivitas alat. Produktivitas digunakan sebagai pedoman dalam menentukan durasi pelaksanaan setiap pekerjaan dan jumlah alat berat yang diperlukan. Berbagai faktor dapat mempengaruhi produktivitas suatu alat berat, oleh karena itu diperlukan pengamatan lapangan terhadap aktivitas alat berat selama beberapa hari untuk dapat memperoleh nilai produktivitas alat berat. Alat berat dikatakan produktif apabila selama jam kerja alat berat tersebut terus bekerja sesuai dengan fungsi dan tujuan alat berat tersebut, dalam jurnal ini alat berat yang diteliti adalah *backhoe*. Pada penelitian ini, peneliti mengamati tentang aktivitas *backhoe*. *Backhoe* dapat dikatakan produktif apabila *backhoe* digunakan secara terus menerus dalam melakukan pekerjaan gali tanpa mengalami *idle*.

---

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, kelvin\_rudys@yahoo.com

<sup>2</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, michael\_halmar93@yahoo.co.id

<sup>3</sup>Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, andi@peter.petra.ac.id

Manfaat penelitian ini adalah untuk menambah wawasan bagi kontraktor mengenai manajemen alat berat pada pekerjaan galian sehingga efisien dan efektif serta memberikan masukan dalam merencanakan jumlah alat berat dan durasi pekerjaan galian melalui nilai produktivitas ideal, teoritis, dan aktual dengan mempertimbangkan faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas alat berat. Sehingga keterlambatan pekerjaan khususnya pekerjaan galian dapat diminimalkan dengan mempertimbangkan kapasitas produksi yang dapat dicapai oleh *backhoe* karena dalam merencanakan pekerjaan galian telah mempertimbangkan hal-hal yang telah dikemukakan pada penelitian ini.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Definisi Pekerjaan Galian

Pekerjaan galian adalah proses pemindahan tanah atau batuan dari satu lokasi ke tempat lain dan memprosesnya sehingga dapat memenuhi persyaratan lokasi, elevasi, densitas, dan kelembaban. (Nunnally, 2007) Pekerjaan ini meliputi galian, pembebanan, pengangkutan, penempatan (pembuangan dan penyebaran), pemadatan, gradasi, dan *finishing*. (Nunnally, 2007)

### 2.2 Metode Pelaksanaan Pekerjaan Galian

Pemilihan metode pada proyek konstruksi memberikan dampak yang besar pada efisiensi dan keuntungan pada pelaksanaan konstruksi. Banyak faktor yang harus dipertimbangkan dalam memilih metode pelaksanaan proyek. Untuk faktor efisiensi pekerjaan galian dapat dilihat pada **Tabel 1**. Biasanya, namun tidak selalu, keuntungan maksimal ketika biaya terendah per unit produksi dapat tercapai. (Nunnally, 2007) Faktor lain yang perlu dipertimbangkan dalam memilih metode pelaksanaan adalah peralatan termasuk kemungkinan penggunaan alat selanjutnya, ketersediaan, ketersediaan alat dan pelayanan, dan efek dari penghentian alat. Fase akhirnya adalah kompetensi dari manajemen untuk memastikan kepatuhan terhadap rencana pelaksanaan dan penyesuaian terhadap kondisi tak terduga. (Rostiyanti, 2008)

**Tabel 1. Faktor Efisiensi Pekerjaan untuk Pekerjaan Galian (Nunnally, 2007)**

Kondisi Pekerjaan**	Kondisi Manajemen*			
	Baik Sekali	Baik	Sedang	Buruk
Baik Sekali	0.84	0.81	0.76	0.7
Baik	0.78	0.75	0.71	0.65
Sedang	0.72	0.69	0.65	0.6
Buruk	0.63	0.61	0.57	0.52

\* Kondisi Manajemen termasuk:

- Kemampuan, pelatihan, dan motivasi pekerja
- Pemilihan, pelaksanaan, dan pemeliharaan alat
- Perencanaan, supervisi, dan koordinasi

\*\* Kondisi Pekerjaan adalah kondisi fisik dari pekerjaan yang mempengaruhi produksi (tidak termasuk tipe material), termasuk:

- Topografi dan dimensi pekerjaan
- Permukaan dan kondisi cuaca
- Persyaratan spesifikasi untuk metode dan urutan pekerjaan

### 2.3 *Backhoe*

*Backhoe* merupakan alat berat jenis *excavator* yang bertujuan untuk menggali tanah dengan elevasi di bawah permukaan tanah dimana *backhoe* berada. (Peurifoy, 2006) *Backhoe* merupakan alat berat pokok untuk mengerjakan proses menggali pada pekerjaan galian. Berikut adalah siklus standar per jam untuk beberapa jenis *backhoe* yang dibedakan menurut kapasitas *bucket* dan tipe material khususnya tanah seperti pada **Tabel 2**.

**Tabel 2. Siklus Standar per Jam untuk *Backhoe* (Nunnally,2007)**

Tipe Material	Kapasitas			
	<i>Wheel Tractor</i>	<i>Excavator Kecil</i> ( $<0.76 \text{ m}^3$ )	<i>Excavator Sedang</i> ( $0.94\text{-}1.72 \text{ m}^3$ )	<i>Excavator Besar</i> ( $>1.72 \text{ m}^3$ )
1. Lunak (pasir, kerikil, lempung)	170	250	200	150
2. Sedang (tanah, lempung halus)	135	200	160	120
3. Keras (lempung padat, batu)	110	160	130	100

## 2.4 Produktivitas

Produktivitas adalah perbandingan antara hasil yang dicapai (*output*) dengan seluruh sumber daya yang digunakan (*input*) (Alifen, 2012). Produktivitas pekerjaan galian tanah dipengaruhi oleh efisiensi alat berat yang memerlukan estimasi akurat mengenai kuantitas pekerjaan tanah, kondisi pengerjaan, dan ketepatan dalam memilih alat yang digunakan serta kompetensi dari manajemennya. (Nunnally, 2007) Empat hal yang mutlak untuk diperhitungkan dalam menentukan alat berat yang akan digunakan adalah: kapasitas alat berat, kapasitas alat angkut, waktu siklus, dan faktor operator. Sedangkan untuk efektivitas alat dapat tergantung dari beberapa hal, antara lain kemampuan operator alat berat, pemilihan dan pemeliharaan alat, perencanaan dan pengaturan letak alat, topografi, kondisi cuaca, dan metode pelaksanaan. Produktivitas alat tergantung pada kapasitas dan waktu siklus alat. (Rostiyanti, 2008) Rumus dasar untuk mencari produktivitas alat adalah:

$$\text{Produktivitas} = \text{Kapasitas} / \text{waktu siklus}$$

(1)

Jika efisiensi alat dimasukkan maka, rumus akan menjadi:

$$\text{Produktivitas} = \text{kapasitas} \times 60 \times \text{efisiensi} / \text{waktu siklus}$$

(2)

## 2.5 Produktivitas *Backhoe*

Sebelum menghitung produktivitas dari sebuah *backhoe*, perlu dilakukan perhitungan terhadap kapasitas dari *backhoe*. Beberapa hal yang mempengaruhi kapasitas dari *backhoe* antara lain jenis tanah, kedalaman galian, sudut ayunan, kondisi manajemen, kondisi pekerjaan, kondisi mesin, dan faktor operator. (Sajekti, 2009) Berikut adalah perumusan untuk menghitung produktivitas teoritis ( $P_T$ ) dengan berbagai faktor yang didapat dari literatur.

$$\text{Produktivitas Teoritis} = \frac{3600 \times Q \times F \times (AS:D) \times E}{t \times 60 \times \text{Koreksi Volume}} \quad (3)$$

Q = Kapasitas *bucket* munjuk

F = Faktor pengisian *bucket*

t = Waktu siklus dalam detik

E = Efisiensi

AS:D = Sudut ayunan dan kedalaman / tinggi dari galian (lihat **Tabel 3**)

**Tabel 3. Faktor Kedalaman Ayunan untuk *Backhoe* (Nunnally,2007)**

Kedalaman (% Maksimum)	Sudut Ayunan (derajat)					
	45	60	75	90	120	180
30	1.33	1.26	1.21	1.15	1.08	0.95
50	1.28	1.21	1.16	1.1	1.03	0.91
70	1.16	1.1	1.05	1	0.94	0.83
90	1.04	1	0.95	0.9	0.85	0.75

Jenis tanah pada proyek yang diamati sangat berpengaruh dalam perhitungan produktivitas *backhoe*. Kondisi lapangan serta manajemen dari pelaksanaan lapangan juga didapat melalui pengamatan. Penentuan waktu siklus *backhoe* didasarkan pada pemilihan kapasitas *bucket*. (Rostiyanti, 2008).

Rumus yang digunakan untuk menghitung produktivitas *backhoe* adalah:

$$\text{Produktivitas} = C \times S \times V \times B \times E$$

(4)

C = Jumlah siklus/jam

S = Faktor *swing depth*

V = Volume *bucket* munjuk (LCY atau LCM)

B = Faktor pengisian *bucket* (lihat **Tabel 4**)

E = Faktor efisiensi pekerjaan

$$\text{Produktivitas} = Q/C_m$$

(5)

Q = Kapasitas *Dipper* (m<sup>3</sup>)

C<sub>m</sub> = Waktu Siklus (detik)

**Tabel 4. Faktor Pengisian Bucket untuk *Excavator* (Peurifoy, 2006)**

Material	Faktor Pengisian <i>Bucket</i>
Tanah biasa, lempung	0.8 - 1.1
Pasir dan kerikil	0.9 – 1
Lempung padat	0.65-0.95
Lempung basah	0.5-0.9
Batu, pecahan sempurna	0.7-0.9
Batu, pecahan buruk	0.4-0.7

### 3 METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Studi Literatur

- Mencari referensi dari berbagai literatur.
- Mencari brosur mengenai jenis alat berat dan spesifikasinya
- Mempelajari teori dan rumus tentang produktivitas galian melalui internet dan berbagai literatur

#### 3.2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan melakukan pengamatan. Produktivitas dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu produktivitas ideal, produktivitas teoritis dan produktivitas aktual. Prosedur pengumpulan data untuk ketiga jenis produktivitas tersebut adalah sebagai berikut:

##### 3.2.1. Produktivitas Ideal (P<sub>I</sub>)

Produktivitas ideal merupakan kemampuan produksi alat berat *backhoe* dalam menggali tanah, yang dihitung berdasarkan waktu siklus yang didapat melalui pengamatan dan diolah dengan metode *baseline*. Metode *baseline* merupakan metode perhitungan produktivitas ideal dengan berdasarkan 10% waktu siklus terbaik (Thomas, 2000). Selain itu, waktu siklus kerja *backhoe* hanya dipengaruhi oleh sudut dan jenis *bucket*, akan tetapi tidak dipengaruhi oleh kondisi manajemen dan kondisi kerja.

##### 3.2.2. Produktivitas Teoritis (P<sub>T</sub>)

Produktivitas teoritis adalah kemampuan produksi alat berat *backhoe* dalam menggali tanah, yang dihitung dengan nilai – nilai empiris berupa nilai faktor yang dipilih berdasarkan kondisi lapangan sesuai pengamatan.

### 3.2.3. Produktivitas Aktual

Produktivitas aktual merupakan kemampuan produksi alat berat *backhoe* dalam menggali tanah yang didapat dari pengamatan lapangan, produktivitas aktual dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu produktivitas aktual siklus ( $P_{\max}$ ,  $P_A$ ,  $P_{\min}$ ) dengan mengamati waktu siklus ( $C_m$ ) alat, selain itu produktivitas aktual kinerja ( $P_{AK}$ ) serta produktivitas aktual efektif ( $P_{\text{efektif}}$ ) dengan mengamati dan mencatat waktu kerja *backhoe* dengan *idle* dan tanpa *idle*.

### 3.3 Perbandingan Produktivitas

- Membandingkan nilai produktivitas aktual kinerja ( $P_{AK}$ ) dan aktual efektif ( $P_{\text{efektif}}$ ) berdasarkan produktivitas dan efektivitas galian.
- Membandingkan  $P_{\text{efektif}}$  dengan produktivitas teoritis ( $P_T$ ), aktual mean ( $P_A$ ) dan ideal ( $P_I$ ) yang dapat dicapai *backhoe*
- Menganalisa selisih hasil perhitungan dan penyebabnya.

## 4 ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Produktivitas Rencana

Untuk mengetahui produktivitas dari sebuah alat diperlukan data berupa volume pekerjaan dan waktu siklus rata-rata alat. Begitu pula halnya dengan *backhoe*. Berdasarkan *bill of quantity* (BoQ) dan skedul pelaksanaan, diperoleh volume galian sebesar 21.481,17 m<sup>3</sup> yang diselesaikan dalam 2 bulan (60 hari). Maka dapat diperoleh produktivitas harian rencana *backhoe* adalah 21.481,17 / 60 = 358 m<sup>3</sup> / hari. Waktu kerja *backhoe* dalam 1 hari adalah 8 jam. Maka dapat diperoleh produktivitas rencana adalah 358 m<sup>3</sup> / 8 jam = 44,75 m<sup>3</sup> / jam untuk dua *backhoe*. Sehingga produktivitas rencana satu *backhoe* adalah sebesar 22,37 m<sup>3</sup>/jam

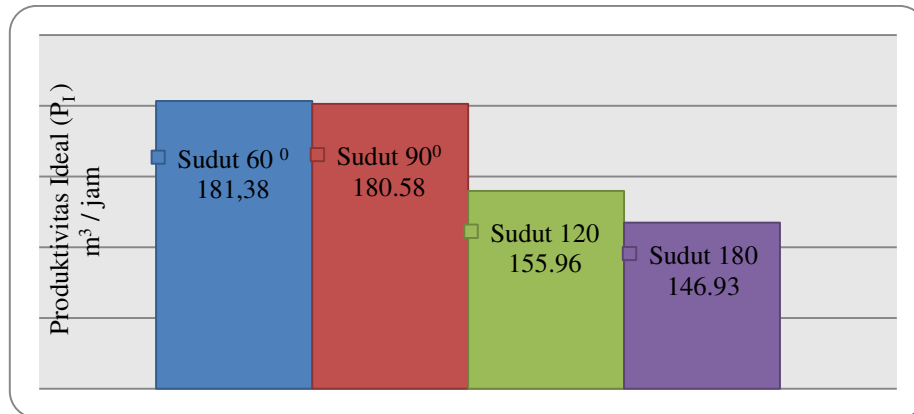
### 4.2. Produktivitas Ideal ( $P_I$ )

Produktivitas ideal ( $P_I$ ) merupakan produktivitas untuk alat berat saat kondisi kerja tidak ada halangan. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan 10% waktu siklus terkecil (Thomas, 2000) yang kemudian dicari nilai mediannya ( $C_{m_{\text{med}}}$ ) yang selanjutnya digunakan sebagai waktu siklus untuk perhitungan dengan rumus  $P_I = \frac{Q}{C_{m_{\text{med}}}}$ . Hasil produktivitas ideal *backhoe* selama pengamatan dapat dilihat pada

**Tabel 5 dan Gambar 1.**

**Tabel 5. Hasil Perhitungan Produktivitas Ideal ( $P_I$ )**

Bucket	Sudut	Produktivitas Ideal ( $P_I$ )
0.92 m3	60	181.38 m3/jam
0.92 m3	90	180.58 m3/jam
0.92 m3	120	155.96 m3/jam
0.92 m3	180	146.93 m3/jam
0.60 m3	60	125.98 m3/jam
0.60 m3	90	118.55 m3/jam
0.60 m3	120	112.5 m3/jam
0.60 m3	180	98.49 m3/jam



**Gambar 1. Produktivitas Ideal (P<sub>1</sub>) Backhoe dengan Bucket (Q) 0.92 m<sup>3</sup>**

#### 4.3 Produktivitas Teoritis (P<sub>T</sub>)

Produktivitas teoritis dihitung dengan nilai faktor yang didapat secara empiris yang disesuaikan melalui pengamatan di lapangan. Produktivitas Teoritis dihitung secara harian dengan kondisi lapangan sesuai pengamatan pada hari itu. Untuk produktivitas teoritis *backhoe* dengan *bucket* 0.92 m<sup>3</sup> dapat dilihat pada **Tabel 6**. Perumusan yang digunakan:

$$P_T = \frac{3600 \times Q \times F \times (AS:D) \times E}{t \times 60 \times \text{Koreksi Volume}} \quad (6)$$

**Tabel 6. Produktivitas Teoritis (P<sub>T</sub>) Backhoe dengan Bucket (Q) 0.92 m<sup>3</sup> sudut 120°**

Alat Excavator Sedang		Tanah : Lempung Padat			Faktor-Faktor					P <sub>T</sub> (m <sup>3</sup> /jam)
Tanggal	Sudut	Pekerjaan	Manajemen	Kedalaman Galian	F	Q	(AS:D)	T	E	
14-10-14	120	Baik	Buruk	4 m	0.8	0.92	1.03	22.5	0.65	78.84
15-10-14	120	Baik	Buruk	4 m	0.8	0.92	1.03	22.5	0.65	78.84
17-10-14	120	Baik	Buruk	4 m	0.8	0.92	1.03	22.5	0.65	78.84
21-10-14	120	Sedang	Sedang	4 m	0.8	0.92	1.03	22.5	0.65	78.84
22-10-14	120	Sedang	Sedang	4 m	0.8	0.92	1.03	22.5	0.65	78.84
27-10-14	120	Sedang	Sedang	4 m	0.8	0.92	1.03	22.5	0.65	78.84
31-10-14	120	Sedang	Sedang	4 m	0.8	0.92	1.03	22.5	0.65	78.84
06-11-14	120	Sedang	Sedang	4 m	0.8	0.92	1.03	22.5	0.65	78.84
07-11-14	120	Sedang	Sedang	4 m	0.8	0.92	1.03	22.5	0.65	78.84

#### 4.4 Produktivitas Aktual (P<sub>min</sub>, P<sub>A</sub>, P<sub>max</sub>, P<sub>AK</sub>)

##### 4.4.1 Produktivitas Aktual Siklus (P<sub>min</sub>, P<sub>A</sub>, P<sub>max</sub>)

Produktivitas Aktual Siklus menggunakan waktu siklus (Cm) yang diolah ke dalam 3 jenis produktivitas aktual siklus yaitu produktivitas aktual maksimum (P<sub>max</sub>), produktivitas aktual mean (P<sub>A</sub>), dan produktivitas aktual minimum (P<sub>min</sub>). Hasil produktivitas untuk ukuran bucket 0.92 m<sup>3</sup> dapat dilihat pada **Tabel 7**.

**Tabel 7. Produktivitas Aktual Siklus (P<sub>max</sub>, P<sub>A</sub>, P<sub>min</sub>)**

Bucket (m <sup>3</sup> )	Sudut	P <sub>max</sub> (m <sup>3</sup> /jam)	P <sub>A</sub> (m <sup>3</sup> /jam)	P <sub>min</sub> (m <sup>3</sup> /jam)
0.92	60	191.22	143.93	66.20
0.92	90	202.19	140.69	68.93
0.92	120	166.26	127.38	76.45
0.92	180	161.32	119.91	51.64

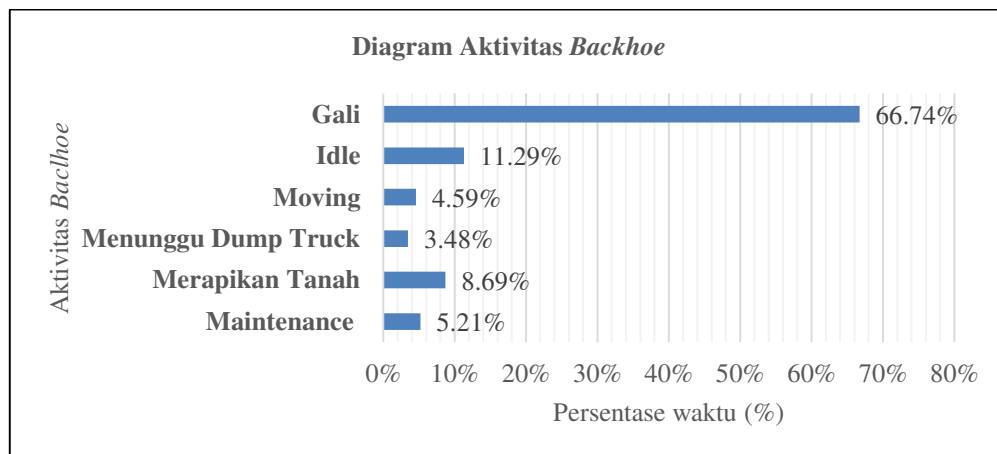
#### 4.5 Produktivitas Aktual Kinerja ( $P_{AK}$ )

Produktivitas aktual kinerja ( $P_{AK}$ ) adalah kemampuan produksi alat berat *backhoe* dalam menggali tanah yang didapat melalui perhitungan volume aktual ( $V_A$ ) dengan jam kerja proyek selama 8 jam seperti pada **Tabel 8**.

**Tabel 8. Produktivitas Aktual Kinerja ( $P_{AK}$ )**

Tanggal	$V_A$ ( $m^3$ )	Waktu Gali Efektif (jam)	Jumlah <i>backhoe</i>	$P_{AK}$ ( $m^3$ /jam/alat)	$P_{efektif}$ ( $m^3$ /jam/alat)
14-10-14	173.88	5.15	1	21.74	33.76
15-10-14	182.55	5.65	1	22.82	32.31
17-10-14	216.64	5.02	1	27.08	43.16
21-10-14	430.84	5.28	2	26.93	40.80
22-10-14	532.97	5.70	2	33.31	46.75
27-10-14	517.31	4.47	2	32.33	57.86
31-10-14	578.56	5.50	2	36.16	52.60
05-11-14	415.26	4.10	2	25.95	50.64
07-11-14	541.60	3.87	2	33.85	69.97

Dengan membandingkan produktivitas aktual kinerja ( $P_{AK}$ ) dengan produktivitas efektif ( $P_{efektif}$ ), dapat diperoleh bahwa waktu efektif untuk menggali sebesar 66.74 % (Wibowo, 2003) seperti pada **Gambar 2**.



**Gambar 2. Diagram Aktivitas *Backhoe* dan Faktor-Faktornya**

#### 5. KESIMPULAN

Pada akhirnya, dengan menggunakan  $P_{AK}$  disimpulkan bahwa produktivitas *backhoe* pada proyek gedung P1 P2 UK Petra adalah 28.91  $m^3$ /jam/alat, jika dibandingkan dengan durasi proyek maka pekerjaan galian pada proyek P1 – P2 UK Petra dengan volume tanah yang perlu digali sebesar 21.481,17  $m^3$  dapat diselesaikan dalam waktu 47 hari jika menggunakan 2 *backhoe*. Selisih nilai produktivitas aktual kinerja dan waktu siklus tersebut dipengaruhi oleh *double handling* dan waktu tidak efektif *backhoe* akibat *idle*, *maintenance*, menunggu *dump truck*, merapikan tanah, dan *moving*.

#### 6. DAFTAR REFERENSI

Alifen, Ratna S. (2012). *Diktat Teknik Pelaksanaan dan Peralatan, Universitas Kristen Petra*.  
Nunnally, S.W. (2007). *Construction Methods and Management, Seventh Edition. Prentice Hall, Inc.*

- Peurifoy, R.L. (2006). *Construction, Planning, Equipment, and Methods*, Seventh Edition. Mc Graw Hill, Inc.
- Rostiyanti. (2008). *Alat-alat Berat Proyek Konstruksi*, Penerbit Erlangga.
- Sajekti. (2009). *Metode Kerja Bangunan Sipil*, Penerbit Erlangga.
- Thomas, H. Randolph. (2000). *Principles of Construction Labor Productivity Measurement and Processing*. Pennsylvania Transportation Institute.
- Wibowo, Adhi., Xaverius, F. (2003). *Kinerja Alat Gali dan Alat Angkut Tanah pada Pekerjaan Galian Tanah Basement*, Skripsi S-1 Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra.